

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-059380  
(43)Date of publication of application : 26.02.2002

(51)Int.Cl.

B25J 3/00  
A61B 17/28  
A61B 19/00

(21)Application number : 2000-251122

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 22.08.2000

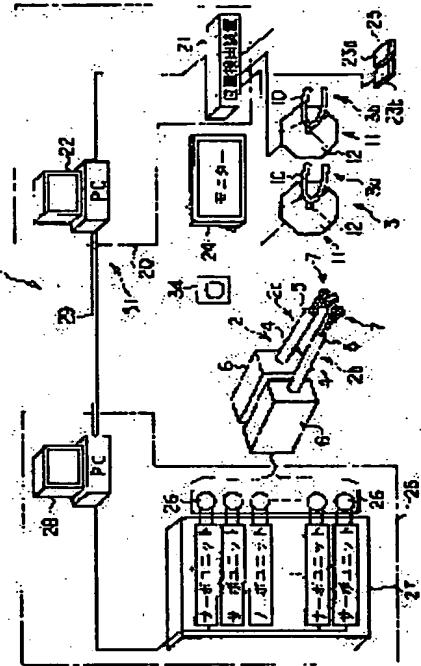
(72)Inventor : SASAKI KATSUMI  
ONISHI JUNICHI

## (54) MASTER-SLAVE DEVICE

### (57)Abstract

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a master slave device capable of sensing the gripping force amount of a processing part of a slave manipulator as the sensibility of the fingertips of an operator, and excellent in operability.

**SOLUTION:** A strain gauge 35 for detecting the gripping force amount of a tip gripping part 1 of a slave manipulator 2 is provided, and a detected signal from the strain gauge 35 is fed back to handles 10 of a master manipulator 3 by an operational sensibility providing mechanism 51 so as to be reflected to the sensibility of the fingertips of an operator.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**Japanese Publication for Unexamined Patent**  
**Application No. 59380/2002 (Tokukai 2002-59380)**

**A. Relevance of the Above-identified Document**

This document discloses prior art as technical background of the present invention.

**B. Translation of the Relevant Passages of the Document**

See the attached English Abstract.

**[CLAIMS]**

1. A master/slave apparatus, comprising:
  - a slave manipulator, which is so set as to be accessible to a surgery field;
  - a master manipulator, which is set in a region so that a surgeon is able to manipulate and which remotely controls the slave manipulator;
  - a master control section for converting manipulation information of the master manipulator into an electric signal;
  - a slave control section, which is connected to the slave manipulator and the master control section, and which outputs a control signal by which the manipulation information is transferred from the master control section to the slave manipulator such that the slave manipulator moves in accordance with the manipulation information;
  - a force sense detection member for detecting holding force of a treatment section of the slave manipulator; and
  - a manipulation sense rendering mechanism for feeding back, to a manipulation section of the master manipulator, a detection signal sent from the force sense detection member, so that the surgeon feels the force in a hand.

[DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION]

[0001]

[FIELD OF THE INVENTION]

The present invention relates to a master/slave apparatus in which a manipulator inserted in, e.g., a body cavity of a living body is remotely controlled by control means so that a diagnosis surgery, a treatment surgery, or the like is carried out.

[0002]

[BACKGROUND ART]

Drawn an attention in recent years is a fiberscope surgery using a fiberscope and a medical equipment for the purpose of carrying out various treatments in a body cavity. The fiberscope and the medical equipment are inserted through skin, i.e., via a hole formed in a body wall such as a belly wall. Because the fiberscope surgery does not require a large dissection as compared with an abdominal surgery, the fiberscope surgery is minimally invasive. For this reason, such a surgery is widely used for a surgery for removing gallbladder and a part of a lung; or the like.

[0003] Further, Japanese Patent Application Number *Tokugan 11-333111* describes a master/slave apparatus for allowing a human surgeon to remotely carry out, with the use of a manipulator equipped with the fiberscope and the medical equipment, such a surgery that uses the fiberscope and the medical equipment.

[0004]

[PROBLEMS TO BE SOLVED BY THE INVENTION]

In the medical equipment for use in a normal surgery, a manipulation section to be manipulated by the surgeon is directly connected to a treatment section. In contrast, a manipulation section to be manipulated by the surgeon is not directly connected to a treatment section in the master/slave

apparatus. Accordingly, in the case of the normal surgery, the surgeon can feel a holding force or the like in the hands via the medical equipment; however, in the case of the master/slave apparatus, the surgeon cannot feel the holding force or the like in the hands.

[0005] The present invention is made in light of the problem, and its object is to provide a master/slave apparatus which allows the surgeon to feel, in the hands, a holding force of a treatment section of a slave manipulator, and which is excellent in operability.

[0006]

#### [MEANS FOR SOLVING THE PROBLEMS]

A master/slave apparatus of the present invention includes: (i) a slave manipulator, which is so set as to be accessible to a surgery field; (ii) a master manipulator, which is set in a region so that a surgeon is able to manipulate and which remotely controls the slave manipulator; (iii) a master control section for converting manipulation information of the master manipulator into an electric signal; (iv) a slave control section, which is connected to the slave manipulator and the master control section, and which outputs a control signal by which the manipulation information is transferred from the master control section to the slave manipulator such that the slave manipulator moves in accordance with the manipulation information; (v) a force sense detection member for detecting holding force of a treatment section of the slave manipulator; and (vi) a manipulation sense rendering mechanism for feeding back, to a manipulation section of the master manipulator, a detection signal sent from the force sense detection member, so that the surgeon feels the force in a hand. In other words, in the present invention, the force sense detection member detects the holding power of the treatment section of the slave manipulator,

and the detection signal sent from the force sense detection member is fed back to the manipulation section of the master manipulator so as to be processed by the manipulation sense rendering mechanism of the master control section, with the result that the surgeon can feel, in the hands, the force reflected in the manipulation section of the master manipulator.

[0007]

#### [DESCRIPTION OF THE EMBODIMENTS]

Embodiment 1 of the present invention will be described below with reference to Fig. 1 through Fig. 6. Fig. 1 is a diagram schematically illustrating an entire system of a master/slave apparatus 1 of the present embodiment. The master/slave apparatus 1 includes (i) slave manipulators 2 which are so installed as to access a surgery field to be subjected to a surgery, and (ii) master manipulators 3 operated by a surgeon.

...

[0010] Further, strain gauges (force sense detection members) 35 each for detecting the holding force are provided in such an end holding section 7, i.e., are respectively provided in portions other than the holding surfaces of the holding members 7a and 7b. Note that the strain gauges 35 do not need to be respectively provided in the holding members 7a and 7b, and may be provided in at least one of the holding members 7a and 7b.

[0011] The manipulator main body 5 is driven by a manipulator main body driving unit such that the manipulator main body 5 can be moved in the X axis direction (horizontal direction), the Y axis direction (vertical direction), the Z axis direction (forward-backward direction). Moreover, the manipulator main body 5 is so driven as to rotate with respect to the Z axis.

[0012] Further, as shown in Fig. 3, the insertion section 4

of the manipulator main body 5 is arranged such that a driving shaft 36b is inserted in a tubular arm section 36a. The driving shaft 36b has an end portion to which the base end portion of the link mechanism section 9 is connected.

[0013] Provided in the slave driving section 6 is an end holding section driving unit (not shown). The end holding section driving unit drives the driving shaft 36b, which is provided in the arm member 36a of the insertion section 4, such that the driving shaft 36b is moved back and forth in the direction in which the driving shaft 36b extends. The movement of the driving shaft 36b causes the holding members 7a and 7b of the end holding section 7 to rotate with respect to the rotation pin 8 such that the end holding section 7 opens and closes, i.e., the holding members 7a and 7b meet each other and detach from each other.

[0014] Further, see Fig. 4. Provided in the left-side master manipulator 3a are, e.g., (i) a handle 10 (manipulation section) which has a substantially scissors-like shape and which allows the open/close operation, and (ii) a supporting mechanism section 11 for supporting the handle 10 such that the handle 10 can move in the X axis direction (horizontal direction), the Y axis direction (vertical direction), and the Z axis direction (forward-backward direction), and such that the handle 10 can rotate with respect to the Z axis. As shown in Fig. 4, the supporting mechanism section 11 is structured by, e.g., a parallel link mechanism 49 constructed by combining a plurality of pantograph mechanisms.

[0015] The parallel link mechanism 49 has a substantially triangle-shaped top plate 12 to which the handle 10 is connected. Specifically, the top plate 12 has a surface, in the substantially center of which a connection section 12a of the handle 10 is installed.

[0016] Connected to the other surface of the top plate 12 are parallel links 53A, 53B, and 53C. Provided respectively in the parallel links 53A, 53B, and 53C are link main bodies 53a. Each of the link main bodies 53a of the parallel links 53A, 53B, and 53C has one end connected to each of the corners of the top plate 12 with a universal joint 52 therebetween.

[0017] Meanwhile, see Fig. 5(A) and Fig. 5(B). Each of the link main bodies 53a of the parallel links 53A, 53B, and 53C has the other end fixed to a base 55 of the parallel link mechanism 49 by a pairing shaft 54. Note that an encoder (not shown) is provided in each pantograph pairing shaft 54. The encoder serves as detecting means for detecting movement of the handle 10.

[0018] Each of Fig. 5(A) and Fig. 5(B) illustrates how the parallel link mechanism 49 is installed. Specifically, Fig. 5(A) illustrates that the parallel link mechanism 49 is installed such that the base 55 of the parallel link mechanism 49 is in a horizontal manner. On the other hand, Fig. 5(B) illustrates that the parallel link mechanism 49 is installed such that the base 55 is perpendicular to the horizontal surface. When installed in either manner, the top plate 12 is supported by the base 55 such that the top plate 12 can move straightly in the X axis direction, the Y axis direction, and the Z axis direction, and such that the top plate 12 can rotate with respect to the X axis direction, the Y axis direction, and the Z axis direction.

[0019] Note that the parallel links 53A, 53B, and 53C interfere with one another in the parallel link mechanism 49 of the present embodiment, so that the rotation with respect to the Z axis is restrained. This causes restraint of the movement of the handle 10. Here, see the case where the parallel link mechanism 49 is installed such that the base 55 is in the horizontal manner as shown in Fig. 5(A). In this case, the

horizontal movement of the handle 10 is restrained when each of the slave manipulators 2 is installed horizontally as shown in Fig. 5(A). The horizontal movement is carried out most frequently. On the other hand, see the case where the parallel link mechanism 49 is installed such that the base 55 is in the perpendicular manner as shown in Fig. 5(B). In this case, when the slave manipulator 2 is installed horizontally as shown in Fig. 5(B), the horizontal movement of the handle 10 is less restrained as compared with the case where the parallel link mechanism 49 is installed such that the base 55 is in the horizontal manner. For this reason, it is preferable to install the parallel link mechanism 49 of the present embodiment such that the base 55 is in the perpendicular manner.

[0020] As shown in Fig. 6, the handle 10 of the left-side master manipulator 3a includes: (i) a supporting shaft 13 having one end connected to the top plate 12, and (ii) two handle members 15a and 15b each connected to the other end of the supporting shaft 13 such that the handle members 15a and 15b can rotate with respect to a rotation shaft 14.

[0021] A plate spring member 17 and a stopper 18 are provided in the free end side of the handle member 15a and 15b of the handle 10. The plate spring member 17 always exerts pressure on the handle members 15a and 15b, in the direction of the opening position of the handle 10. The stopper 18 restrains a degree of closure between the handle members 15a and 15b, upon the closing operation of the handle 10. Here, the stopper 18 has a base end fixed to the handle member 15a. Moreover, the stopper 18 has a top end positioned substantially perpendicularly with respect to the handle member 15b.

[0022] Further, the plate spring member 17 has one end fixed to the handle member 15b. The plate spring member 17 has the other end fixed to the free end side of the handle

member 15b. The plate spring member 17 exerts a spring force on the handle members 15a and 15b, in the direction of the opening position of the handle 10. Upon the closing operation of the handle 10, the top end of the stopper 18 is caused to meet the handle member 15b, with the result that the degree of closure is restrained.

[0023] Further, see the vicinity in which the rotation shaft 14 is provided. Provided between the handle members 15a and 15b are link members 16a and 16b. The link member 16a has one end rotatably supported by the handle member 15a, whereas the link member 16b has one end rotatably supported by the handle member 15b. Further, the link member 16a has the other end rotatably connected to the other end of the link member 16b by a guide pin.

[0024] Provided further in the supporting shaft 13 is a guide 30 extending in the direction reverse to the top plate 12. The guide 30 has one end in which a guide groove 32 is so formed as to extend in the direction in which the supporting shaft 13 extends. The guide pin 31 connecting the link members 16a and 16b is movably inserted in the guide groove 32. Upon the opening operation of the handle 10, the guide pin 31 is moved within the guide groove 32 so as to meet the closing end of the guide groove 32. This allows restraint of the opening amount of the handle 10. Note that the link members 16a and 16b are so manufactured as to have substantially the same lengths, so that the handle members 15a and 15b are symmetrically moved with respect to the guide groove 32 when opening and closing the handle 10.

[0025] Further, provided in the handle member 15a of the handle 10 are a potentiometer 19 and a motor 33. Here, the potentiometer 19 has a gear 66 which is so provided as to be engaged in a gear 65 provided in the rotation shaft 14. Further,

the gear 66 of the potentiometer 19 is also engaged in a gear 67 provided in the motor 33. Therefore, when the opening/closing operation of the handle 10 causes rotation of the rotation shaft 14, the gear 65 of the rotation shaft 14 is accordingly rotated. The rotation of the gear 65 causes rotation of the gear 66. The potentiometer 19 detects rotation angle of the rotation of the gear 66.

[0026] Further, each of the master manipulators 3 includes a lock mechanism section for causing the master manipulator 3 to be operable or inoperable. A specific example of the lock mechanism section is an electromagnetic lock type lock mechanism.

[0027] Further, see Fig. 1. The master manipulator 3 is connected to a master control section 20 which converts the operation of the master manipulator 3 into an electric signal. The master control section 20 includes (i) the potentiometer 19 of the handle 10 of the master manipulator 3; (ii) a position detection apparatus 21 of the supporting mechanism section 11, such as an encoder; (iii) a calculation circuit 22 constructed by a computer for calculating a position of the handle 10 of the master manipulator 3. The calculation circuit 22 receives detection data which is detected by the position detection apparatus 21 and which indicates respective operation states of the left-side master manipulator 3a and the right-side master manipulator 3b. Then, the calculation circuit 22 carries out position calculation so as to obtain information such as (i) moving distance of the handle 10 in the master manipulator 3, and (ii) open/close angle of the handle 10.

[0028] Further, the master control section 20 is connected to a foot switch 23 for controlling the electromagnetic lock type lock mechanism section of the master manipulator 3. The foot switch 23 includes pedals 23a and 23b. The pedal 23a of the

foot switch 23 switches the state of the master manipulator 3 between a locked state and an unlocked state. The pedal 23b is used for an operation of switching a clutch mechanism. With the operation, the moving distance of the handle 10 is not transferred to the slave manipulator 2.

[0029] In the vicinity of the surgeon who manipulates the master manipulator 3, a monitor 24 and a speaker 34 are set. The monitor 24 displays the target surgery field subjected to treatment carried out by the slave manipulator 2, so that the surgeon can manipulate the master manipulator 3 while viewing such display.

[0030] Further, the slave manipulator 2 is connected to a slave control section 25 for outputting a control signal which transfers the movement of the manipulator 3 to the slave manipulator 2 such that the slave manipulator 2 follows the movement of the master manipulator 3. The slave control section 25 includes a motor driving circuit 27 and a calculation circuit 28. The motor driving circuit 27 controls a plurality of driving motors 26 provided in the slave driving section 6. The calculation circuit 28 is constructed by a computer for controlling the slave manipulator.

[0031] Further, the calculation circuit 28 of the slave control section 25 is connected to the calculation circuit 22 of the master control section 20 via, e.g., communication means 29 using an optical fiber cable. The slave control section 25 receives, from the master control section 20, the control signal which transfers the movement of the manipulator 3 to the slave manipulator 2 such that the slave manipulator 2 follows the movement of the master manipulator 3. Then, the slave control section 25 outputs the control signal thus received.

[0032] Further, while the slave manipulator 2 is driven, a signal sent from each of the strain gauges 35 respectively

provided in the holding members 7a and 7b of the end holding section 7 is supplied to the calculation circuit 28 of the slave control section 25. Further, the information thus obtained by the calculation is sent to the calculation circuit 22 of the master control section 20 via the communication means 29.

[0033] Further, the master manipulator 3 of the present embodiment includes a manipulation sense rendering mechanism 51 for allowing the surgeon to feel, in the hands, the force corresponding to the detection signal which is sent from each of the strain gauges 35 of the holding members 7a and 7b of the end holding section 7 of the slave manipulator 2, and which is fed back to and is reflected in the handle 10 of the master manipulator 3. For the purpose of obtaining control information indicating the force to be fed back to the handle 10, the manipulation sense rendering mechanism 51 is arranged such that the calculation circuit 22 carries out calculation in accordance with the information sent from the calculation circuit 28 of the slave control section 25 to the calculation circuit 22 of the master control section 20. Moreover, the manipulation sense rendering mechanism 51 converts (i) the information thus obtained by the calculation circuit 22, into (ii) a control signal. Then, the control signal is sent to the motor 33 of the master manipulator 3. The motor 33 rotates in accordance with the received signal. The rotation of the motor 33 causes rotation of the gear 67 of the motor 33. The rotation of the gear 67 is transferred to the gear 65 of the rotation shaft 14 via the gear 66 of the potentiometer 19. Further, the rotation of the gear 65 causes rotation of the rotation shaft 14, with the result that the opening/closing operation of the handle sections 15a and 15b are carried out. With this, the force exerted on the end holding section 7 of the slave manipulator 2 is fed back to the handle 10, so that the surgeon can feel the force.

[0034] Explained next is an effect rendered by the above structure. While the master/slave apparatus 1 of the present embodiment is in use, the master manipulator 3 is set in a region in which the surgeon can manipulate the master manipulator 3. On the other hand, the slave manipulator 2 is so set as to be accessible to the surgery field. For example, the slave manipulator 2 is set such that the insertion section 4 of the slave manipulator 2 is inserted in the body cavity via a torocar coating tube inserted in a hole formed in advance, by a torocar (not shown), in a body wall of the patient subjected to the diagnosis surgery, the treatment surgery, or the like. On this occasion, the monitor 24 set in the vicinity of the surgeon who operates the master manipulator 3 displays a fiberscope image of the surgery field or a computer graphic image (CG image) thereof. The fiberscope image is captured by a fiberscope inserted in the body cavity via a position different from the position in which the slave manipulator is inserted. The CG image is synthesized by a computer graphic apparatus.

[0035] Carried out after setting the slave manipulator 2 and the master manipulator 3 is a calibration operation for correlating the origin (zero point) position of the master manipulator 3 with the origin position of the slave manipulator 2. The followings are carried out during the calibration operation. That is, the master manipulator 3 is unlocked in response to press-down of the pedal 23a of the foot switch 23. This makes it possible that: the left-side master manipulator 3a of the master manipulators 3 and the right-side master manipulator 3b thereof move in the X axis direction (horizontal direction) of Fig. 6, the Y axis direction (vertical direction), and the Z axis direction (forward-backward direction), and the left-side master manipulator 3a and the right-side master manipulator 3b rotate with respect to the Z axis. This also

makes it possible that the handle members 15a and 15b of the left-side master manipulator 3a, and the handle members 15a and 15b of the right-side master manipulator 3b are brought into a state allowing for the opening/closing operation.

[0036] Under such a condition, the left-side master manipulator 3a and the right-side master manipulator 3b of the master manipulators 3 are moved to certain positions such that the origin (zero point) positions of the left-side manipulator 3a and the right-side manipulator 3b are set, respectively.

[0037] Then, the manipulator main body driving unit (not shown) and the end holding section driving unit are driven. The manipulator main body driving unit is provided in each of the slave manipulators 2a and 2b of the slave manipulators 2. This causes the manipulator main bodies 5 to (i) move in the X axis direction (horizontal direction), the Y axis direction (vertical direction), and the Z axis direction (forward-backward direction) of Fig. 2, and (ii) rotate with respect to the Z axis. Accordingly, the left-side slave manipulators 2a and the right-side slave manipulator 2b are positioned in the respective origin positions set in advance.

[0038] After the calibration operation thus finished, the diagnosis surgery, the treatment surgery, or the like starts to be carried out with the use of the master/slave apparatus of the present embodiment. The surgeon operates the left-side master manipulator 3a and the right-side master manipulator 3b of the master manipulators 3 so as to carry out the surgery, while viewing either the fiberscope image or the CG image, each of which shows the surgery field and each of which is displayed on the screen of the monitor 24. The left-side master manipulator 3a is manipulated by the left hand of the surgeon, and the right-side master manipulator 3b is manipulated by the right hand thereof. Such manipulation of the left-side master

manipulator 3a allows remote control of the left-side slave manipulator 2a, whereas such manipulation of the right-side master manipulator 3b allows remote control of the right-side slave manipulator 2b.

[0039] See an example in which the handle 10 of the left-side master manipulator 3a is moved in the X axis direction (horizontal direction), the Y axis direction (vertical direction), and the Z axis direction (forward-backward direction), and is rotated with respect to the Z axis. The movement of the left-side manipulator 3a is detected by the position detection apparatus 21 of the master control section 20. The position detection apparatus 21 sends the detection data to the calculation circuit 22. In accordance with the detection data thus received, the calculation circuit 22 carries out position calculation so as to obtain data (hereinafter, referred to as "calculation data") such as (i) data indicative of the manipulation state of the handle 10 of each of the master manipulators 3 and (ii) data indicative of the open/close state of the handle 10.

[0040] Further, the calculation data thus obtained through the position calculation carried out by the calculation circuit 22 of the master control section 20 is sent to the slave control section 25 via the communication means 29 such as an optical fiber cable. In accordance with the calculation data thus received, the calculation circuit 28 of the slave control section 25 carries out calculation so as to generate a control signal for controlling the driving motors 26 of the motor driving circuit 27 provided in the slave driving section 6. With this, the left-side slave manipulator 2a moves in synchronism with the movement of the handle 10 of the left-side master manipulator 3a. Note that a similar action takes place when manipulating the right-side master manipulator 3b, so that the operation of the right-side slave manipulator 2b is controlled. With this, the

right-side slave manipulator 2b moves in synchronism with the movement of the handle 10 of the right-side master manipulator 3b.

[0041] In the present embodiment, while each of the slave manipulators 2 is driven, the strain gauges 35 respectively provided in the holding members 7a and 7b of the end holding section 7 detects the force (holding force exerted on each of the holding members 7a and 7b) exerted on the end holding section 7. On this occasion, the manipulation sense rendering mechanism 51 is driven in the following manner. That is, the signal sent from each of the strain gauges 35 of the holding members 7a and 7b of the end holding section 7 is supplied to the calculation circuit 28 of the slave control section 25, for the purpose of calculating the force (holding force exerted on each of the holding members 7a and 7b) exerted on the end holding section 7. The information thus obtained by the calculation is sent to the calculation circuit 22 of the master control section 20 via the communication means 29.

[0042] In accordance with the information sent to the calculation circuit 22 of the master control section 20 in the manipulation sense rendering mechanism 51, the calculation circuit 22 carries out calculation so as to obtain the control information to be fed back to the handle 10 of the master manipulator 3. The information thus obtained through the calculation carried out by the calculation circuit 22 is converted into the control signal, and the control signal is sent to the motor 33 of the master manipulator 3. The motor 33 rotates in accordance with the signal thus received. The rotation of the gear 67 of the motor 33 is transferred to the gear 65 of the rotation shaft 14 via the gear 66 of the potentiometer 19. The rotation of the gear 65 causes rotation of the rotation axis 14. This causes the opening/closing operation of the handle

sections 15a and 15b, with the result that the force exerted on the end holding section 7 of the slave manipulator 2 is fed back to the handle 10. With this, the surgeon can feel the force.

[0043] The above structure allows the following effect. That is, in the present embodiment, the strain gauges 35 detects the holding force of the holding members 7a and 7b of the end holding section 7 of the slave manipulator 2, while the slave manipulator 2 is in operation. The manipulation sense rendering mechanism 51 feeds back, to the handle 10 of the master manipulator 3, the force corresponding to the detection signal detected by the strain gauges 35 respectively provided in the holding members 7a and 7b of the end holding section 7 of the slave manipulator 2. With this, the surgeon can feel the force reflected in the handle 10. In other words, when manipulating the handle 10 of the master manipulator 3, the surgeon can feel, in the hand, the holding force exerted on the holding members 7a and 7b of the end holding section 7. As such, the master/slave apparatus 1 of the present embodiment makes it possible that the surgeon can feel the holding power in the hands through the respective handles 10 of the master manipulators 3, as is the case with the normal surgery in which the surgeon feels the holding power in hands through the medical equipment. This allows improvement of operability of the master/slave apparatus 1.

[0044] Note that the present embodiment provides the structure in which the strain gauges 35 (see Fig. 2) are provided respectively in the holding members 7a and 7b of the end holding section 7 of the slave manipulator 2; however, a strain gauge 37 (see Fig. 3) may be provided instead of the strain gauges 35 so as to detect the holding force of the holding members 7a and 7b. The strain gauge 37 is provided in the driving shaft 36 provided within the arm member 36a of the

insertion section 4:

[0045] Moreover, the master/slave apparatus 1 may be arranged such that: when the manipulation rendering mechanism 51 feeds back, to the handle 10 of the master manipulator 3, the force corresponding to the detection signal sent from each of the strain gauges 35 provided respectively in the holding members 7a and 7b of the end holding section 7 of the slave manipulator 2, the control signal to be sent to the motor 33 may be visually expressed in the monitor 24, or may be expressed as a sound to be outputted from the speaker 34.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-59380  
(P2002-59380A)

(43)公開日 平成14年2月26日(2002.2.26)

(51) Int Cl' 譲別記号  
B 2 5 J 3/00  
A 6 1 B 17/28  
19/00 5 0 2

F I テーマコード(参考)  
B 2 5 J 3/00 A 3 F 0 5 9  
A 6 1 B 17/28 4 C 0 6 0  
19/00 5 0 2

審査請求 未請求 請求項の数1 OL (全 11 頁)

(21)出願番号 特願2000-251122(P2000-251122)  
(22)出願日 平成12年8月22日(2000.8.22)

(71) 出願人 000000376  
オリンパス光学工業株式会社  
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 佐々木 勝巳  
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ  
ンパス光学工業株式会社内

(72) 発明者 大西 順一  
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ  
ンパス光学工業株式会社内

(74) 代理人 100058479  
弁理士 鈴江 武彦 (外4名)

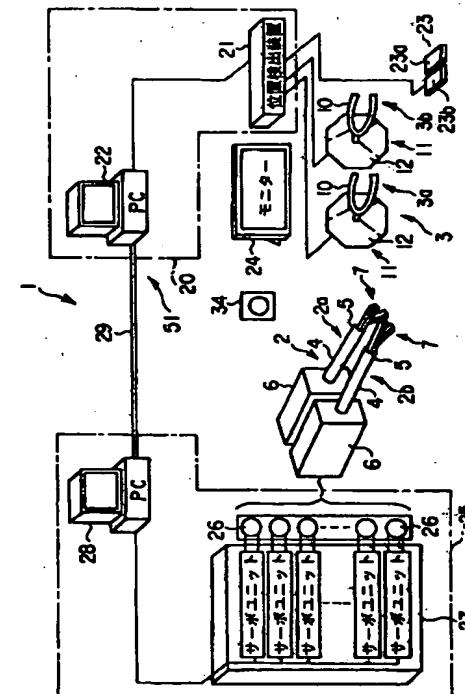
F ターム(参考) 3F059 AA10 BC00 BC01 BC06 DA07  
DC05 DD06 EA07  
4C060 CG02 MM24

(54) [発明の名称] マスタースレーブ装置

(57) 【要約】

【課題】本発明は、スレーブマニピュレータの処置部の把持力量を術者の手先の感覚として感じることができ、操作性に優れたマスタースレーブ装置を提供することを最も主要な特徴とする。

【解決手段】スレーブマニピュレータ2の先端把持部7の把持力量を検知する歪みゲージ35を設け、この歪みゲージ35からの検知信号を操作感覚付与機構51によってマスターマニピュレータ3のハンドル10にフィードバックさせて術者の手先の感覚に反映させるようにしたものである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 術野にアクセスするように配置されたスレーブマニピュレータと、  
術者が操作できる領域内に配置され、前記スレーブマニピュレータを遠隔的に操作するマスターマニピュレータと、  
このマスターマニピュレータの操作情報を電気信号に変換するマスター制御部と、  
前記スレーブマニピュレータ及び前記マスター制御部にそれぞれ接続され、前記マスター制御部から送られる前記マスターマニピュレータの操作情報を追従した動きを前記スレーブマニピュレータに伝達する制御信号を出力するスレーブ制御部と、  
前記スレーブマニピュレータの処置部の把持力量を検知する力覚検知部材と、  
この力覚検知部材からの検知信号を前記マスターマニピュレータの操作部にフィードバックさせて術者の手先の感覚に反映させる操作感覚付与機構とを具備したことを特徴とするマスタースレーブ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、生体の、例えば体内に挿入したマニピュレータを操作手段によって遠隔的に操作し、診断、処置等の手術を行うマスタースレーブ装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 一般に、患者の体壁、例えば腹壁等に小さな穴を開け、この穴を通じて内視鏡や処置具を経皮的に体腔内に挿入することにより、その体腔内での様々な処置を行う経皮的な内視鏡下手術が、腹壁等を開腹手術する場合に比べて大きな切開を要しない低侵襲な手術として近年注目されている。こうした術式は胆嚢摘出手術や肺の一部を摘出除去する手術等で広く行われている。

【0003】 さらに、このような手術において、マニピュレータに内視鏡や処置具を搭載し、術者の手に代わって間接的にそのマニピュレータによって内視鏡や処置具を用いた手術を行うマスタースレーブ装置が特願平11-333111号に示されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、通常の手術に用いる処置具では術者が操作する操作部と処置部とが直接連結されているが、マスタースレーブ装置では、これとは異なり、術者が操作する操作部は、スレーブマニピュレータの処置部とは直接つながってはいない。そのため、通常の手術では術者が処置具を通して得ることができる把持力量などの手先の感触をマスタースレーブ装置では、術者の手先の感覚として感じることができないという問題がある。

【0005】 本発明は上記事情に着目してなされたもので、その目的は、スレーブマニピュレータの処置部の把

持力量を術者の手先の感覚として感じることができ、操作性に優れたマスタースレーブ装置を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明は、術野にアクセスするように配置されたスレーブマニピュレータと、術者が操作できる領域内に配置され、前記スレーブマニピュレータを遠隔的に操作するマスターマニピュレータと、このマスターマニピュレータの操作情報を電気信号に変換するマスター制御部と、前記スレーブマニピュレータ及び前記マスター制御部にそれぞれ接続され、前記マスター制御部から送られる前記マスターマニピュレータの操作情報を追従した動きを前記スレーブマニピュレータに伝達する制御信号を出力するスレーブ制御部と、前記スレーブマニピュレータの処置部の把持力量を検知する力覚検知部材と、この力覚検知部材からの検知信号を前記マスターマニピュレータの操作部にフィードバックさせて術者の手先の感覚に反映させる操作感覚付与機構とを具備したことを特徴とするマスタースレーブ装置

20 20 【発明の詳細な説明】  
【0001】  
【発明の属する技術分野】 本発明は、生体の、例えば体内に挿入したマニピュレータを操作手段によって遠隔的に操作し、診断、処置等の手術を行うマスタースレーブ装置に関する。

【0002】  
【従来の技術】 一般に、患者の体壁、例えば腹壁等に小さな穴を開け、この穴を通じて内視鏡や処置具を経皮的に体腔内に挿入することにより、その体腔内での様々な処置を行う経皮的な内視鏡下手術が、腹壁等を開腹手術する場合に比べて大きな切開を要しない低侵襲な手術として近年注目されている。こうした術式は胆嚢摘出手術や肺の一部を摘出除去する手術等で広く行われている。

【0003】 さらに、このような手術において、マニピュレータに内視鏡や処置具を搭載し、術者の手に代わって間接的にそのマニピュレータによって内視鏡や処置具を用いた手術を行うマスタースレーブ装置が特願平11-333111号に示されている。

【0004】  
【発明が解決しようとする課題】 ところで、通常の手術に用いる処置具では術者が操作する操作部と処置部とが直接連結されているが、マスタースレーブ装置では、これとは異なり、術者が操作する操作部は、スレーブマニピュレータの処置部とは直接つながってはいない。そのため、通常の手術では術者が処置具を通して得ることができる把持力量などの手先の感触をマスタースレーブ装置では、術者の手先の感覚として感じることができないという問題がある。

【0005】 本発明は上記事情に着目してなされたもので、その目的は、スレーブマニピュレータの処置部の把持力量を術者の手先の感覚として感じることができ、操作性に優れたマスタースレーブ装置を提供することにある。

【0006】  
【課題を解決するための手段】 本発明は、術野にアクセスするように配置されたスレーブマニピュレータと、術者が操作できる領域内に配置され、前記スレーブマニピュレータを遠隔的に操作するマスターマニピュレータと、このマスターマニピュレータの操作情報を電気信号に変換するマスター制御部と、前記スレーブマニピュレータ及び前記マスター制御部にそれぞれ接続され、前記マスター制御部から送られる前記マスターマニピュレータの操作情報を追従した動きを前記スレーブマニピュレータに伝達する制御信号を出力するスレーブ制御部と、前記スレーブマニピュレータの処置部の把持力量を検知する力覚検知部材と、この力覚検知部材からの検知信号を前記マスターマニピュレータの操作部にフィードバックさせて術者の手先の感覚に反映させる操作感覚付与機構とを具備したことを特徴とするマスタースレーブ装置である。そして、本発明では、スレーブマニピュレータの処置部の把持力量を力覚検知部材によって検知させ、この力覚検知部材からの検知信号をマスターマニピュレータの操作部にフィードバックさせてマスター制御部の操作感覚付与機構で処理してマスターマニピュレータの操作部を操作する術者の手先の感覚に反映させるようにしたものである。

【0007】  
【発明の実施の形態】 以下、本発明の第1の実施の形態を図1乃至図6を参照して説明する。図1は本実施の形態のマスタースレーブ装置1のシステム全体の概略構成を示すものである。このマスタースレーブ装置1には、術野にアクセスするように設置されたスレーブマニピュレータ2と、術者が操作するマスターマニピュレータ3とが設けられている。

【0008】 また、スレーブマニピュレータ2には、2組の処置具、すなわち左手用のスレーブマニピュレータ2aと右手用のスレーブマニピュレータ2bとがそれぞれ設けられている。さらに、マスターマニピュレータ3にも同様に2組の操作部、すなわち左手用のスレーブマニピュレータ2aを操作する左側マスターマニピュレータ3aと、右手用のスレーブマニピュレータ2bを操作する右側マスターマニピュレータ3bとがそれぞれ設けられている。なお、2つのスレーブマニピュレータ2a、2bと、マスターマニピュレータ3a、3bとはそれぞれ略同一構成になっているので、ここでは一方(左側)のスレーブマニピュレータ2a及びマスターマニピュレータ3aの構成のみを説明し、他方(右側)のスレーブマニピュレータ2b及びマスターマニピュレータ3bにおける左側のスレーブマニピュレータ2a及びマスター マニピュレータ3aと同一部分には同一の符号を付

してその説明を省略する。

【0009】左側のスレーブマニピュレータ2aには、細長い挿入部4を備えたマニピュレータ本体5とこのマニピュレータ本体5を駆動するスレーブ駆動部6とが設けられている。さらに、挿入部4の先端部には、図2に示すように、把持鉗子のように開閉可能な一对の把持部材7a, 7bを備えた先端把持部（処置部）7が設けられている。これらの把持部材7a, 7bの基端部間は、挿入部4の先端部に回動ピン8を中心に回動可能に連結されている。そして、これらの把持部材7a, 7bは、リンク機構部9によって回動ピン8を中心に開閉可能に支持されている。

【0010】また、本実施の形態の先端把持部7には一对の把持部材7a, 7bにおける把持面以外の部分に把持力量を検知するための歪みゲージ（力覚検知部材）35が設けられている。なお、歪みゲージ35は必ずしも把持部材7a, 7bの両方に設ける必要はなく、少なくとも一方に設ければよい。

【0011】また、マニピュレータ本体5はスレーブ駆動部6内の図示しないマニピュレータ本体駆動ユニットによってX軸方向（左右方向）、Y軸方向（上下方向）、Z軸方向（前後方向）にそれぞれ移動可能に駆動され、さらに、Z軸の軸回り方向にも回動駆動されるようになっている。

【0012】さらに、マニピュレータ本体5の挿入部4には図3に示すように管状の腕部材36a内に駆動軸36bが前後動可能に挿入されている。この駆動軸36bの先端部にはリンク機構部9の基端部が連結されている。

【0013】また、スレーブ駆動部6内には図示しない先端把持部駆動ユニットが内蔵されている。そして、この先端把持部駆動ユニットによって挿入部4の腕部材36aの中の駆動軸36bが軸方向に沿って前後に駆動され、この駆動軸36bの動作に応じて、先端把持部7の把持部材7a, 7bが回動ピン8を中心に開閉駆動されるようになっている。

【0014】また、左側マスターマニピュレータ3aには図4に示すように、例えば略鉄型の開閉動作可能なハンドル（操作部）10と、このハンドル10をX軸方向（左右方向）、Y軸方向（上下方向）、Z軸方向（前後方向）にそれぞれ移動可能に、且つZ軸の軸回り方向に回動可能に支持する支持機構部11とが設けられる。この支持機構部11は例えば図4に示すようにパンタグラフ機構を複数組み合わせて構成されたパラレルリンク機構49によって構成されている。

【0015】このパラレルリンク機構49には、ハンドル10が接続されている略三角形状のトッププレート12が設けられている。そして、このトッププレート12の一面側の略中央位置にハンドル10の接続部12aが配置されている。

【0016】さらに、トッププレート12の他面側には、3つのパラレルリンク53A, 53B, 53Cがそれぞれ接続されている。各パラレルリンク53A, 53B, 53Cにはパンタグラフ機構であるリンク本体53aが設けられている。そして、各パラレルリンク53A, 53B, 53Cのリンク本体53aの一端部側はユニバーサルジョイント52を介してトッププレート12の各角部にそれぞれ接続されている。

【0017】また、各パラレルリンク53A, 53B, 53Cのリンク本体53aの他端は対偶軸54によって図5（A）、（B）に示すようにパラレルリンク機構49の基台55に取付けられている。なお、各パンタグラフ対偶軸54には、図示しないエンコーダが取付けられている。そして、これらのエンコーダによってハンドル10の移動を検出する検出手段が形成されている。

【0018】また、図5（A）、（B）はパラレルリンク機構49の設置方法を示す。ここで、図5（A）はパラレルリンク機構49の基台55を水平に置いている状態を示すものである。さらに、図5（B）はパラレルリンク機構49の基台55を水平面に対して垂直に置いている状態を示すものである。この構成によってトッププレート12は基台55に対してX軸方向、Y軸方向、Z軸方向の直線移動と、X軸、Y軸、Z軸の軸を中心とした回転動作とが可能に支持されている。

【0019】なお、本実施の形態のパラレルリンク機構49では3つのパラレルリンク53A, 53B, 53Cが互いに干渉することにより、Z軸を中心とした回転は制限され、ハンドル10の動きも制限されることになる。ここで、図5（A）に示すようにパラレルリンク機

構49の基台55を水平に置いている置き方の場合には、スレーブマニピュレータ2を図のように水平方向に配置した場合、最も使用する頻度が高いハンドル10の水平方向の動きが制限されてしまう。また、図5（B）に示すようにパラレルリンク機構49の基台55を垂直に置いている置き方の場合には、スレーブマニピュレータ2を図のように水平方向に配置した場合、最も使用する頻度が高いハンドル10の水平方向の動きの制限が図5（A）より少なくなっている。そのため、本実施の形態のパラレルリンク機構49では図5（B）に示すようにパラレルリンク機構49の基台55を垂直に置いている置き方の方が好ましい。

【0020】また、左側マスターマニピュレータ3aのハンドル10には、図6に示すようにトッププレート12に一端部が連結された支軸13と、この支軸13の他端部に回動軸14を中心に回動可能に連結された2つのハンドル部材15a, 15bとが設けられている。

【0021】さらに、ハンドル10の2つのハンドル部材15a, 15bの自由端部側には、2つのハンドル部材15a, 15b間を開位置方向に常に付勢する板バネ50部材17と、ハンドル10の閉操作時の2つのハンドル

部材15a, 15b間の閉じ量を制限するストッパー18とが設けられている。ここで、一方のハンドル部材15aにはストッパー18の基端部が固定されている。このストッパー18の先端部は他方のハンドル部材15b側に向けて略直角に突出されている。

【0022】また、ハンドル部材15b側には板バネ部材17の一端部が固定されている。この板バネ部材17の他端部の自由端部側はハンドル部材15b側に圧接されている。そして、このハンドル10のハンドル部材15a, 15b間は、板バネ部材17のバネ力によって開位置方向に常に付勢されている。さらに、このハンドル10の閉操作時には、ハンドル部材15a側のストッパー18の先端部がハンドル部材15bに突き当たることによりハンドル10の閉操作時の閉じ量を制限している。

【0023】また、2つのハンドル部材15a, 15b間には、回動軸14側に2つのリンク部材16a, 16bが設けられている。ここで、一方のリンク部材16aの一端部は一方のハンドル部材15aに、また他方のリンク部材16bの一端部は他方のハンドル部材15bにそれぞれ回動可能に枢支されている。さらに、リンク部材16aの他端部はリンク部材16bの他端部とガイドピン31を介して回動自在に連結されている。

【0024】また、支軸13には、トッププレート12とは反対側に延びるガイド30が突設されている。このガイド30の先端部には、ガイドピン31のガイド溝32が軸方向に延設されている。このガイド溝32にはリンク部材16a, 16b間のガイドピン31が軸方向に移動可能に挿入されている。そして、ハンドル10の開操作時には、ガイドピン31がガイド溝32内を移動してこのガイドピン31がガイド溝32の閉端部側に突き当たり、ハンドル10の開き量を制限するようになっている。なお、リンク部材16aとリンク部材16bとはほぼ同じ長さに作られているため、2つのハンドル部材15a, 15bはガイド溝32を中心にして対称に開閉するようになっている。

【0025】また、ハンドル10の一方のハンドル部材15aには、ポテンショメータ19とモータ33とが取り付けられている。ここで、ポテンショメータ19に設けられたギア66は回動軸14に設けられたギア65と噛み合わされている。さらに、ポテンショメータ19のギア66にはモータ33に設けられたギア67とも噛み合わされている。そして、ハンドル10の開閉動作時には、回動軸14が回転し、この回動軸14のギア65が回転する。このギア65の回転時には、ギア66が連動して回転し、その回転角度がポテンショメータ19によって検出されるようになっている。

【0026】さらに、マスターマニピュレータ3には、このマスターマニピュレータ3を操作不能な状態と操作可能な状態とに切り替えることができるロック機構部、

例えば、電磁ロック式のロック機構部が設けられている。

【0027】また、図1に示すようにマスターマニピュレータ3には、このマスターマニピュレータ3の操作を電気信号に変換するマスター制御部20が接続されている。このマスター制御部20には、マスターマニピュレータ3のハンドル10のポテンショメータ19及び支持機構部11のエンコーダなどの位置検出装置21と、マスターマニピュレータ3のハンドル10の位置計算用のコンピュータによって形成される演算回路22とが設けられている。そして、位置検出装置21による左右のマスターマニピュレータ3a, 3bの操作状態の検出データは演算回路22に入力され、この演算回路22で位置計算されてマスターマニピュレータ3のハンドル10の移動量や、ハンドル10の開閉角度などの情報を計算するようになっている。

【0028】さらに、マスター制御部20には、マスターマニピュレータ3の電磁ロック式のロック機構部の制御用のフットスイッチ23が接続されている。このフットスイッチ23には2つのペダル23a, 23bが設けられている。そして、フットスイッチ23の一方のペダル23aによってマスターマニピュレータ3のロック状態とロック解除状態とを切り替えることができるようになっている。また、他方のペダル23bによってハンドル10の移動量をスレーブマニピュレータ2に伝えない状態にするクラッチ機構の切り替えの操作をすることができるようになっている。

【0029】また、マスターマニピュレータ3を操作する術者の近傍には、モニター24とスピーカー34とが配置されている。このモニター24には、スレーブマニピュレータ2によって処置される術野の状態が表示され、この画面を見ながらマスターマニピュレータ3の操作を行うことができるようになっている。

【0030】さらに、スレーブマニピュレータ2には、マスターマニピュレータ3の操作に追従した動きをスレーブマニピュレータ2に伝達する制御信号を出力するスレーブ制御部25が接続されている。このスレーブ制御部25には、スレーブマニピュレータ2のスレーブ駆動部6に組み込まれている複数の駆動モータ26を制御するモータ駆動回路27と、スレーブマニピュレータ制御用のコンピューターによって形成される演算回路28とが設けられている。

【0031】さらに、スレーブ制御部25の演算回路28とマスター制御部20の演算回路22との間は例えば、光ファイバーケーブルなどを用いた通信手段29を介して接続されている。そして、スレーブ制御部25では、マスター制御部20から送られるマスターマニピュレータ3の操作に追従した動きをスレーブマニピュレータ2に伝達する制御信号を出力するようになっている。

【0032】また、スレーブマニピュレータ2の駆動時

には先端把持部7の把持部材7a, 7bの歪みゲージ35から出力される信号はスレーブ制御部25の演算回路28に送られ、先端把持部7にかかっている力（把持部材7a, 7bの把持力量）が計算されるようになっている。さらに、ここで計算された情報は通信手段29を介してマスター制御部20の演算回路22に送られるようになっている。

【0033】また、本実施の形態のマスター・マニピュレータ3にはスレーブ・マニピュレータ2の先端把持部7の把持部材7a, 7bの歪みゲージ35からの検知信号をマスター・マニピュレータ3のハンドル10にフィードバックさせて術者の手先の感覚に反映させる操作感覚付与機構51が設けられている。この操作感覚付与機構51ではスレーブ制御部25の演算回路28からマスター制御部20の演算回路22に送られた情報に基いて演算回路22でマスター・マニピュレータ3のハンドル10にフィードバックさせるための制御情報が計算されるようになっている。さらに、この演算回路22で計算された情報は制御信号に変換され、マスター・マニピュレータ3のモータ33に送られるようになっている。そして、このモータ33が送られてきた信号に応じて回転し、このモータ33のギア67を回転させることにより、このギア67の回転がボテンショメータ19のギア66を介して回転軸14のギア65に伝達されるようになっている。さらに、このギア65の回転により、回転軸14が回転し、それによりハンドル部15a, 15bを開閉操作し、スレーブ・マニピュレータ2の先端把持部7にかかっている力をハンドル10を介して術者にフィードバックすることができるようになっている。

【0034】次に、上記構成の作用について説明する。本実施の形態のマスタースレーブ装置1の使用時には、マスター・マニピュレータ3が術者が操作できる領域内に設置される。さらに、スレーブ・マニピュレータ2は術野にアクセスするように設置される。例えば、予め診断・処置等の手術を行う患者の腹壁等の体壁に図示しないトロッカーよりて穴を開け、この穴に刺入されたトロッカーエット管内にスレーブ・マニピュレータ2の挿入部4が挿入され、このトロッカーエット管内を通じてスレーブ・マニピュレータ2の挿入部4が経皮的に体腔内に挿入された状態にセットされる。このとき、マスター・マニピュレータ3を操作する術者の近傍位置のモニター24にはスレーブ・マニピュレータ2とは別の場所から経皮的に体腔内に挿入された内視鏡による術野の内視鏡像、或いはコンピュータグラフィック装置によって合成された術野のコンピュータグラフィック画像（CG画像）などが表示される。

【0035】また、スレーブ・マニピュレータ2およびマスター・マニピュレータ3のセット後、これらのスレーブ・マニピュレータ2およびマスター・マニピュレータ3の原点（0点）位置を対応させるキャリブレーション動作が

行われる。このキャリブレーション動作時にはフットスイッチ23のペダル23aを踏むことにより、マスター・マニピュレータ3のロックが解除され、マスター・マニピュレータ3の左右のマスター・マニピュレータ3a, 3bのハンドル10が図6中で、X軸方向（左右方向）、Y軸方向（上下方向）、Z軸方向（前後方向）にそれぞれ移動可能、かつZ軸の軸回り方向に回動可能な状態にそれぞれ切換えられるとともに、左右のマスター・マニピュレータ3a, 3bの2つのハンドル部材15a, 15b間が開閉動作可能な状態にそれぞれ切換えられる。

【0036】この状態で、マスター・マニピュレータ3の左右のマスター・マニピュレータ3a, 3bが任意の位置に移動され、左右のマスター・マニピュレータ3a, 3bの原点（0点）位置が設定される。

【0037】その後、スレーブ・マニピュレータ2における2つのスレーブ・マニピュレータ2a, 2bのスレーブ駆動部6内の図示しないマニピュレータ本体駆動ユニットおよび先端把持部駆動ユニットが駆動される。これにより、マニピュレータ本体5が図2中で、X軸方向（左右方向）、Y軸方向（上下方向）、Z軸方向（前後方向）にそれぞれ移動され、かつZ軸の軸回り方向に回動駆動されて予め設定された左右のスレーブ・マニピュレータ2a, 2bの原点（0点）位置に移動される。

【0038】さらに、このキャリブレーション動作の終了後、本実施の形態のマスタースレーブ装置1による診断・処置等の手術が開始される。この手術時には術者はモニター24に表示される術野の内視鏡像、或いはCG画像の画面を見ながらマスター・マニピュレータ3の左右のマスター・マニピュレータ3a, 3bがそれぞれ操作される。このとき、左側マスター・マニピュレータ3aのハンドル10が術者の左手、右側マスター・マニピュレータ3bのハンドル10が術者の右手で握られた状態でそれぞれ操作され、左側マスター・マニピュレータ3aによって左側スレーブ・マニピュレータ2a、右側マスター・マニピュレータ3bによって右側スレーブ・マニピュレータ2bがそれぞれ独立に遠隔操作される。

【0039】例えば、左側マスター・マニピュレータ3aのハンドル10を図6中で、X軸方向（左右方向）、Y軸方向（上下方向）、Z軸方向（前後方向）にそれぞれ移動させ、かつZ軸の軸回り方向に回動させた場合にはこのときのマスター・マニピュレータ3aの動作がマスター制御部20の位置検出装置21で検出される。この位置検出装置21からの検出データは演算回路22に入力され、この演算回路22で位置計算されてマスター・マニピュレータ3のハンドル10の操作状態や、ハンドル10の開閉状態などのデータが算出される。

【0040】また、マスター制御部20の演算回路22で位置計算された算出データは光ファイバーケーブルなどの通信手段29を介してスレーブ制御部25に受信される。そして、このスレーブ制御部25の演算回路28

によってスレーブ駆動部6に組込まれているモータ駆動回路27の複数の駆動モータ26を制御する制御信号が算出される。さらに、このスレーブ制御部25から出力される制御信号は左側スレーブマニピュレータ2aに伝達され、左側スレーブマニピュレータ2aが遠隔的に操作される。このとき、左側スレーブマニピュレータ2aは左側マスター・マニピュレータ3aのハンドル10の動きに追従して動く。なお、右側マスター・マニピュレータ3bの操作時にも同様の作用によって右側スレーブマニピュレータ2bの動作が制御され、右側マスター・マニピュレータ3bの操作に追従して右側スレーブマニピュレータ2bが動くようになっている。

【0041】また、本実施の形態ではスレーブマニピュレータ2の駆動時にはスレーブマニピュレータ2の先端把持部7の把持部材7a, 7bの歪みゲージ35によって先端把持部7にかかっている力（把持部材7a, 7bの把持力量）が検出されるとともに、操作感覚付与機構51が次の通り駆動される。すなわち、先端把持部7の把持部材7a, 7bの歪みゲージ35から出力される信号はスレーブ制御部25の演算回路28に送られ、先端把持部7にかかっている力（把持部材7a, 7bの把持力量）が計算される。さらに、ここで計算された情報は通信手段29を介してマスター制御部20の演算回路22に送られる。

【0042】また、操作感覚付与機構51ではマスター制御部20の演算回路22に送られた情報に基いてこの演算回路22でマスター・マニピュレータ3のハンドル10にフィードバックさせるための制御情報が計算される。さらに、この演算回路22で計算された情報は制御信号に変換され、マスター・マニピュレータ3のモータ33に送られる。そして、このモータ33が送られてきた信号に応じて回転する。このとき、モータ33のギア67の回転がボテンショメータ19のギア66を介して回転軸14のギア65に伝達される。さらに、このギア65の回転により、回転軸14が回転し、それによりハンドル部15a, 15bが開閉操作され、スレーブマニピュレータ2の先端把持部7にかかっている力がハンドル10を介して術者にフィードバックされる。

【0043】そこで、上記構成のものにあっては次の効果を奏する。すなわち、本実施の形態ではスレーブマニピュレータ2の動作時に、このスレーブマニピュレータ2の先端把持部7の把持部材7a, 7bの把持力量を歪みゲージ35によって検知させ、このスレーブマニピュレータ2の先端把持部7の把持部材7a, 7bの歪みゲージ35からの検知信号を操作感覚付与機構51によってマスター・マニピュレータ3のハンドル10にフィードバックさせて術者の手先の感覚に反映させるようにしたので、マスター・マニピュレータ3のハンドル10を術者が操作する際にスレーブマニピュレータ2の先端把持部7の把持部材7a, 7bの把持力量を術者の手先の感覚

として感じることができる。そのため、通常の手術で術者が处置具を通して得ることができる把持力量などの手先の感触を本実施の形態のマスタースレーブ装置1では、マスター・マニピュレータ3のハンドル10を術者が操作する際に術者の手先の感覚として感じることができ、マスタースレーブ装置1の操作性の向上を図ることができる。

【0044】なお、本実施の形態ではスレーブマニピュレータ2の先端把持部7における一対の把持部材7a, 7bに図2の歪みゲージ35を設けた構成を示したがこの歪みゲージ35の代わりに、図3に示すように挿入部4の腕部材36aの中の駆動軸36bに歪みゲージ37を設け、この歪みゲージ37によって一対の把持部材7a, 7b間の把持力量を検知する構成にしてもよい。

【0045】また、スレーブマニピュレータ2の先端把持部7の把持部材7a, 7bの歪みゲージ35からの検知信号を操作感覚付与機構51によってマスター・マニピュレータ3のハンドル10にフィードバックさせて術者の手先の感覚に反映させる際に、モータ33に送られる制御信号をモニター24に視覚的に表示したり、スピーカー34から音声として表示させる構成にしても良い。

【0046】また、図7および図8は本発明の第2の実施の形態を示すものである。第1の実施の形態（図1乃至図6参照）のマスタースレーブ装置1ではマスター・マニピュレータ3を操作不能な状態と操作可能な状態とに切り替えることができるロック機構部として、電磁ロック式のロック機構部を設けた構成を示したが、本実施の形態ではこのロック機構部を次の通り構成したものである。

【0047】すなわち、本実施の形態のマスター・マニピュレータ3のロック機構部48には電磁ブランジャなどの直線運動器58と、接離可能な一対の摩擦板62a, 62bを備えたクラッチ機構部62とが設けられている。ここで、直線運動器58には電磁コイルなどのシリンドラ部58aと、このシリンドラ部58aから突没可能なブランジャ・シャフト58bとが設けられている。

【0048】また、直線運動器58のブランジャ・シャフト58bの先端部には支点59を中心として回転自在に支持されたリンク60の一端部が回転自在に連結されている。さらに、リンク60の他端部には軸68の一端部が回転自在に連結されている。この軸68の他端部はクラッチ機構部62の一方の摩擦板62aに連結されている。なお、軸68には、クラッチ機構部62の摩擦板62aを他方の摩擦板62bから引き離す方向に付勢するバネ61が設けられている。

【0049】また、クラッチ機構部62の他方の摩擦板62bには回転軸63aの一端部が連結されている。この回転軸63aの他端部にはギア63bが固定されている。さらに、ギア63bにはマスター・マニピュレータ3の図4に示すバラレルリンク機構49の支軸49aに固

定されたギア49bが噛合されている。そして、パラレルリンク機構49の支軸49aの回転はギア49bとギア63bとの噛合部を介して摩擦板62bの回転軸63aに伝達されるようになっている。

【0050】また、直線運動器58のシリンダ部58aにはマスター制御部20の演算回路57が接続されている。さらに、マスターマニピュレータ3のハンドル10には術者がハンドル10を握った状態を検知する検知機構64が設けられている。この検知機構64は演算回路57に接続されている。

【0051】次に、上記構成の本実施の形態の作用について説明する。本実施の形態のマスターマニピュレータ3のロック機構部48では図7に示すようにバネ61のバネ力によってクラッチ機構部62の摩擦板62aが他方の摩擦板62bから引き離されている状態ではロック機構部48が解除されている。そのため、この状態ではマスターマニピュレータ3の図4に示すパラレルリンク機構49の支軸49aは自由に回転できるので、マスターマニピュレータ3のハンドル10が図6中で、X軸方向（左右方向）、Y軸方向（上下方向）、Z軸方向（前後方向）にそれぞれ移動可能、かつZ軸の軸回り方向に回動可能な状態でそれぞれ保持されるとともに、左右のマスターマニピュレータ3a, 3bの2つのハンドル部材15a, 15b間が開閉動作可能な状態でそれぞれ保持される。

【0052】また、ハンドル10の検知機構64によって術者がハンドル10を握った状態を検知すると、演算回路57が直線運動器58に信号を送り、直線運動器58を作動させる。このとき、直線運動器58のプランジャシャフト58bはシリンダ部58aから突出される方向に駆動され、支点59を中心にリンク60が反時計回り方向に回転される。その結果、図8に示すように軸68が右方に移動して摩擦板62aを摩擦板62bに接触させる。このように摩擦板62aが摩擦板62bに接触することにより、その摩擦力によってギア63b、49bを介して接続されているパラレルリンク機構49の支軸49aの動きをロックさせる。

【0053】そこで、上記構成のものにあっては次の効果を奏する。すなわち、本実施の形態ではマスターマニピュレータ3のパラレルリンク機構49全体をロックするのに必要なロック機構部48の数は6個であり、パラレルリンク機構49の制御に必要なポテンショメータの数が9個の場合より少なくて良い。

【0054】また、図9（A）、（B）は本発明の第3の実施の形態を示すものである。本実施の形態は第1の実施の形態（図1乃至図6参照）のマスタースレーブ装置1におけるマスターマニピュレータ3の構成を次の通り変更したものである。

【0055】すなわち、本実施の形態のマスターマニピュレータ38には、図9（A）に示すようにパラレルリ

ンク機構49のトッププレート12に接続されているリンク41と、このリンク41の先端部に連結された2つのリンク42, 43と、術者40の人指し指と親指に装着する2つの指サック39a, 39bとが設けられている。ここで、一方のリンク42の先端部には一方の指サック39a、他方のリンク43の先端部には他方の指サック39bがそれぞれ連結されている。

【0056】さらに、リンク41には、位置検出用の第1のマーカー44が、リンク42には、位置検出用の第2のマーカー45が、リンク43には、位置検出用の第3のマーカー46がそれぞれ設けられている。

【0057】また、マスターマニピュレータ38の近傍には3つのマーカー44, 45, 46の移動量を計測する光学的なマーカー読み取り器47が配設されている。このマーカー読み取り器47はマスター制御部20の演算回路22に接続されている。なお、これ以外の部分は第1の実施の形態のマスタースレーブ装置1と同一構成であり、ここではその説明を省略する。

【0058】次に、上記構成の本実施の形態の作用について説明する。本実施の形態のマスターマニピュレータ38の操作時には術者が指サック39a, 39bを動かすことにより、3つのマーカー44, 45, 46がそれぞれ移動する。このとき、マスターマニピュレータ38の近傍の光学的なマーカー読み取り器47によって3つのマーカー44, 45, 46の移動量が計測される。このマーカー読み取り器47による計測結果はマスター制御部20の演算回路22に送られ、マスターマニピュレータ38の移動量が計算される。

【0059】さらに、マスター制御部20の演算回路22で計算した移動量のデータは通信手段29を介してスレーブ制御部25の演算回路28に送られ、マスターマニピュレータ38の操作に追従してスレーブマニピュレータ2が駆動される。

【0060】また、図10（A）、（B）および図11（A）、（B）は本発明の第4の実施の形態を示すものである。本実施の形態は第1の実施の形態（図1乃至図6参照）のマスタースレーブ装置1におけるマスターマニピュレータ3の支持機構部11の構成を次の通り変更したものである。

【0061】すなわち、本実施の形態では図10（A）に示すようにハンドル10とパラレルリンク機構49の3つのパラレルリンク53A, 53B, 53Cとの間に介設されている略三角形状のトッププレート12の一辺の長さしが比較的大きくなるように設定したものである。なお、図11（A）はトッププレート12の一辺の長さが大きい長さL1に設定した状態、図11（B）はトッププレート12の一辺の長さが小さい長さL2に設定した状態をそれぞれ示すものである。

【0062】ここで、図11（A）のトッププレート12を使用した場合のハンドル10の移動量（傾斜角度）

A1と図11(B)のトッププレート12を使用した場合のハンドル10の移動量(傾斜角度)A2とが同じ場合には図11(A)に示すようにトッププレート12の一辺の長さL1が大きい場合には、トッププレート12の傾きBは図11(B)に示すようにトッププレート12の一辺の長さL2が小さい場合のトッププレート12の傾きCに比べて大きくなる。

【0063】そこで、本実施の形態のようにトッププレート12の一辺の長さL1が比較的大きくなるように設定した場合にはハンドル10の移動量(傾斜角度)に応じたトッププレート12の傾きが大きくなることにより、パラレルリンク53A, 53B, 53Cの精度を上げることができる効果がある。

【0064】さらに、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変形実施できることは勿論である。次に、本出願の他の特徴的な技術事項を下記の通り付記する。

#### 記

(付記項1) 術野にアクセスするように配置されたスレーブマニピュレータと、術者が操作出来る領域内に配置され、前記スレーブマニピュレータを遠隔的に操作するマスターマニピュレータと、マスターマニピュレータに接続され、前記マスターマニピュレータの操作を電気信号に変換するマスター制御部と、前記スレーブマニピュレータ及び前記マスター制御部にそれぞれ接続され、前記マスター制御部から送られる前記マスターマニピュレータの操作に追従した動きを前記スレーブマニピュレータに伝達する制御信号を出力するスレーブ制御部と、前記スレーブマニピュレータに設けられた力覚検知機構と、前記力覚検知機構で検知した信号を術者にフィードバックさせる機構を前記マスターマニピュレータに設けた事を特徴とするマスタースレーブ装置。

【0065】(付記項1の技術分野) 本発明は、生体の、例えば体腔内に挿入したマニピュレータを操作手段によって遠隔的に操作し、診断処置等の手術を行うマスタースレーブ装置に関する。

【0066】(付記項1の従来技術) 特願平11-33111号

一般に腹壁等の体壁に穴を開け、この穴を通じて内視鏡や処置具を経皮的に体腔内に挿入することにより、その体腔内での様々な処置を行う経皮的な内視鏡下手術が大きな切開を要しない低侵襲なものとして近年注目されている。こうした術式は胆嚢摘出手術や肺の一部を摘出除去する手術等で広く行われている。このような手術において、マニピュレータに内視鏡や処置具を搭載し、そのマニピュレータによる内視鏡や処置具を用いた手術を術者に代わって間接的に行うマスタースレーブ装置が特願平11-33111号に示されている。

【0067】(付記項1が解決しようとする課題) マスタースレーブ装置のマスターマニピュレータに設けら

れている操作部は、通常の手術に用いる処置具の操作部等と異なり、スレーブマニピュレータの処置部と直接つながっていない。そのため、通常の手術で術者が処置具を通して得る事が出来る把持力量を感じる事が出来ないという問題があった。

【0068】(付記項1の目的) この問題を解決するために、スレーブマニピュレータに力覚検知機構を設け、検知した情報をマスター制御部で処理して術者にフィードバックさせる事を目的とする。

【0069】(付記項1の効果) 操作部にスレーブマニピュレータの先端把持部の力量をフィードバックする機構を設けた事により、術者が通常の外科手術と同じように術野の情報を得ることが出来るという効果がある。

【0070】

【発明の効果】本発明によれば、スレーブマニピュレータの処置部の把持力量を検知する力覚検知部材と、この力覚検知部材からの検知信号をマスターマニピュレータの操作部にフィードバックさせて術者の手先の感覚に反映させる操作感覚付与機構とを設けたので、スレーブマニピュレータの処置部の把持力量を術者の手先の感覚として感じることができ、操作性を高めることができる。そのため、術者が通常の外科手術と同じように術野の情報を得ることが出来るという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施の形態のマスタースレーブ装置のシステム全体の概略構成図。

【図2】 第1の実施の形態のマスタースレーブ装置におけるスレーブマニピュレータの先端把持部を示す要部の斜視図。

【図3】 第1の実施の形態のマスタースレーブ装置におけるスレーブマニピュレータの挿入部を示す要部の縦断面図。

【図4】 第1の実施の形態のマスタースレーブ装置におけるマスターマニピュレータのハンドルのパラレルリンク機構を示す概略構成図。

【図5】 (A)は第1の実施の形態のマスタースレーブ装置におけるパラレルリンク機構の基台を水平に置いている設置方法を示す概略構成図、(B)はパラレルリンク機構の基台を垂直に置いている設置方法を示す概略構成図。

【図6】 第1の実施の形態のマスタースレーブ装置におけるマスターマニピュレータのハンドルを示す側面図。

【図7】 本発明の第2の実施の形態のマスタースレーブ装置におけるマスターマニピュレータのハンドルのロック機構を示す概略構成図。

【図8】 第2の実施の形態のマスタースレーブ装置におけるマスターマニピュレータのハンドルのロック機構の動作状態を説明するための概略構成図。

【図9】 本発明の第3の実施の形態を示すもので、

(A) はマスタースレーブ装置におけるマスターマニピュレータのハンドル部分を示す斜視図、(B) はマーク一読み取り器を示す概略構成図。

【図10】 本発明の第4の実施の形態を示すもので、

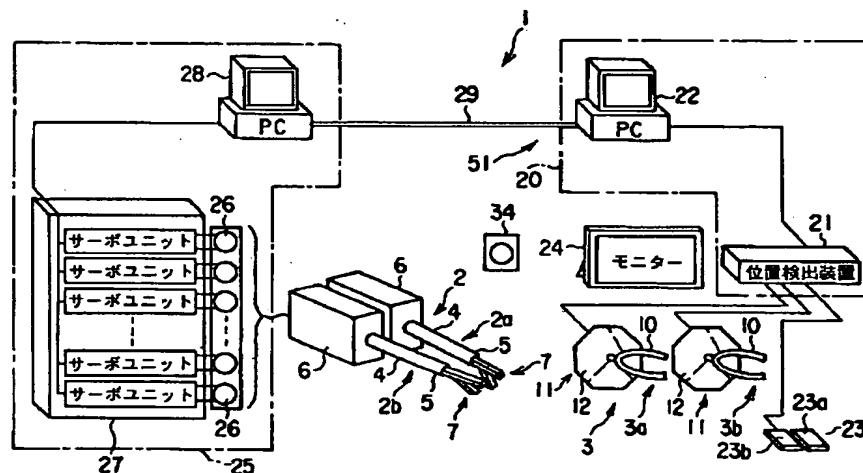
(A) はマスタースレーブ装置におけるマスターマニピュレータのハンドル部分を示す斜視図、(B) はハンドルのトッププレートを示す平面図。

【図11】 第4の実施の形態のマスタースレーブ装置におけるマスターマニピュレータのハンドルの動作を説明するもので、(A) はトッププレートの傾きが大きい状態を示す概略構成図、(B) トッププレートの傾きが小さい状態を示す概略構成図。

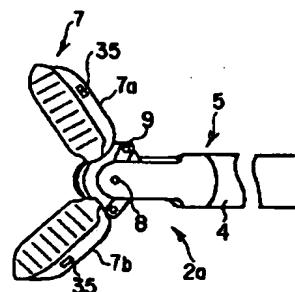
【符号の説明】

- \* 2 スレーブマニピュレータ
- 2 a 左手用のスレーブマニピュレータ
- 2 b 右手用のスレーブマニピュレータ
- 3 マスターマニピュレータ
- 3 a 左側マスターマニピュレータ
- 3 b 右側マスターマニピュレータ
- 7 先端把持部(処置部)
- 10 ハンドル(操作部)
- 20 マスター制御部
- 25 スレーブ制御部
- 22, 28 演算回路
- 35 歪みゲージ(力覚検知部材)
- \* 51 操作感覚付与機構

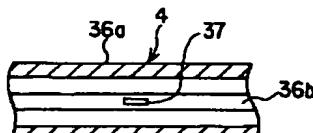
【図1】



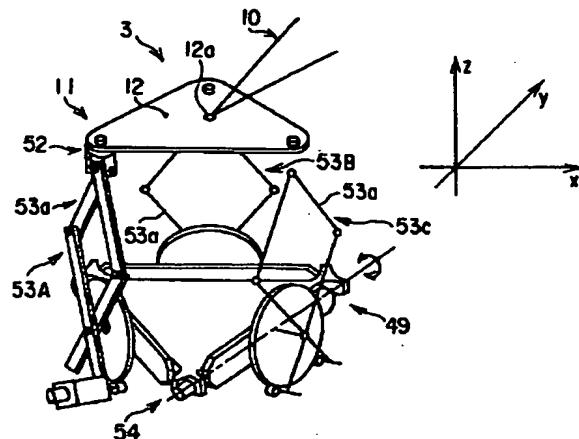
【図2】



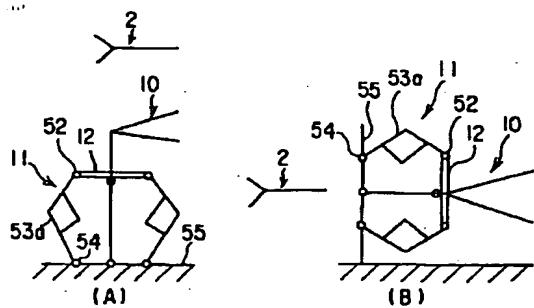
【図3】



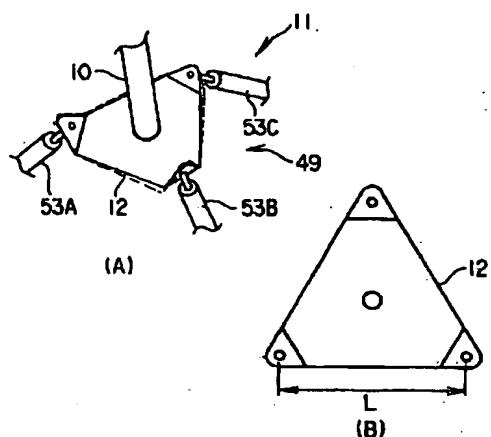
【図4】



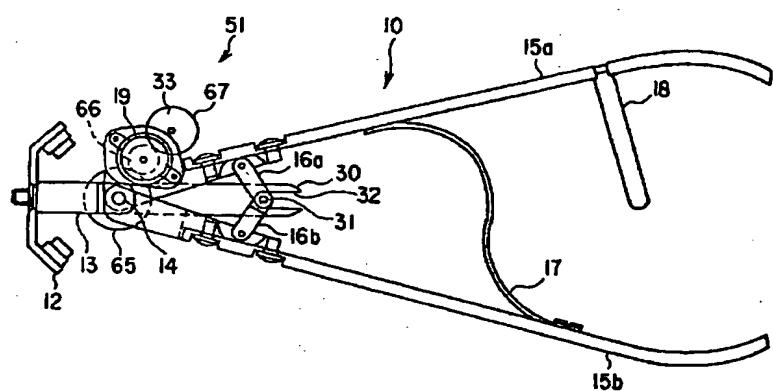
【図5】



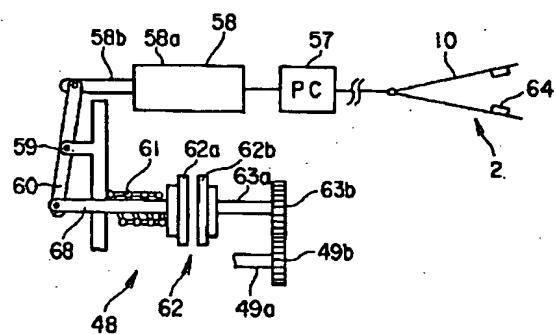
【図10】



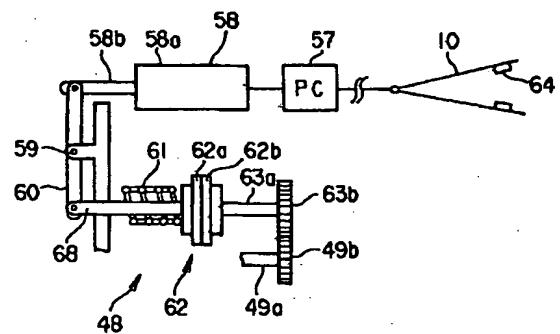
【図6】



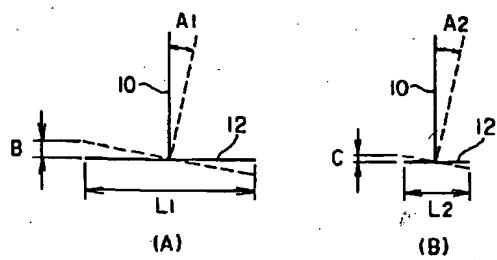
【図7】



【図8】



【図11】



[図9]

